

## Задачи регионального тура олимпиады по химии 2023/24 уч.г.

### 9 класс

#### 1. Тест (10 б)

Подкисление – это процесс, в результате которого среда водоема или почвы становится кислой. Подкисление может быть как естественным, так и вызванным действиями человека.

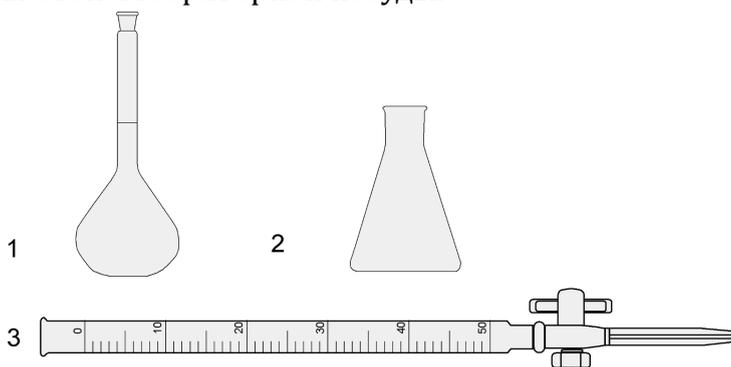
а) Становится ли рН среды кислым, щелочным или остается нейтральным при добавлении следующих веществ в воду?  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ,  $\text{He}$ ,  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{HNO}_3$ . (3)

В химии окружающей среды используют различные единицы измерения концентрации.

б) Переведи следующие единицы измерения:  $200 \text{ г/кг} = \dots \%$ ;  $53 \text{ нг/мл} = \dots \text{ кг/м}^3$ . (1)

На рисунке ниже приведена лабораторная посуда, которая используется для проведения исследований окружающей среды.

с) Напиши названия этой лабораторной посуды. (1,5)



В исследованиях окружающей среды часто нужно разделять смеси.

д) Какой метод разделения смесей нужно использовать, чтобы **i)** очистить раствор от частиц грязи; **ii)** отделить из раствора соли твердую соль? (1)

Известно достаточно много неорганических веществ-загрязнителей.

е) Назови каждое приведенное в списке вещество и определи его класс: (2)  
 $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{TiOH}$ .

Таксол (суммарная формула  $\text{C}_{47}\text{H}_{51}\text{NO}_{14}$ ) – это важное и широко известное природное соединение, которое используется для лечения рака.

ф) Посчитай молярную массу таксола. (0,5)

г) Рассчитай, сколько атомов водорода содержится в 0,5 моль дигидрата таксола ( $\text{C}_{47}\text{H}_{51}\text{NO}_{14} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Знак умножения в формуле означает, что с каждой молекулой таксола связаны две молекулы воды. (1)

#### 2. Дефицитное удобрение (10 б)

Юку хотел приобрести нитрат калия, который можно использовать в качестве удобрения, а также как исходное вещество для синтеза черного пороха. Однако нитрата калия не было в садоводческих магазинах и Юку решил синтезировать его самостоятельно. У Юку, как у очень большого фаната химии, конечно же дома хранилась азотная кислота, сульфат калия, нитрат кальция и карбонат калия.

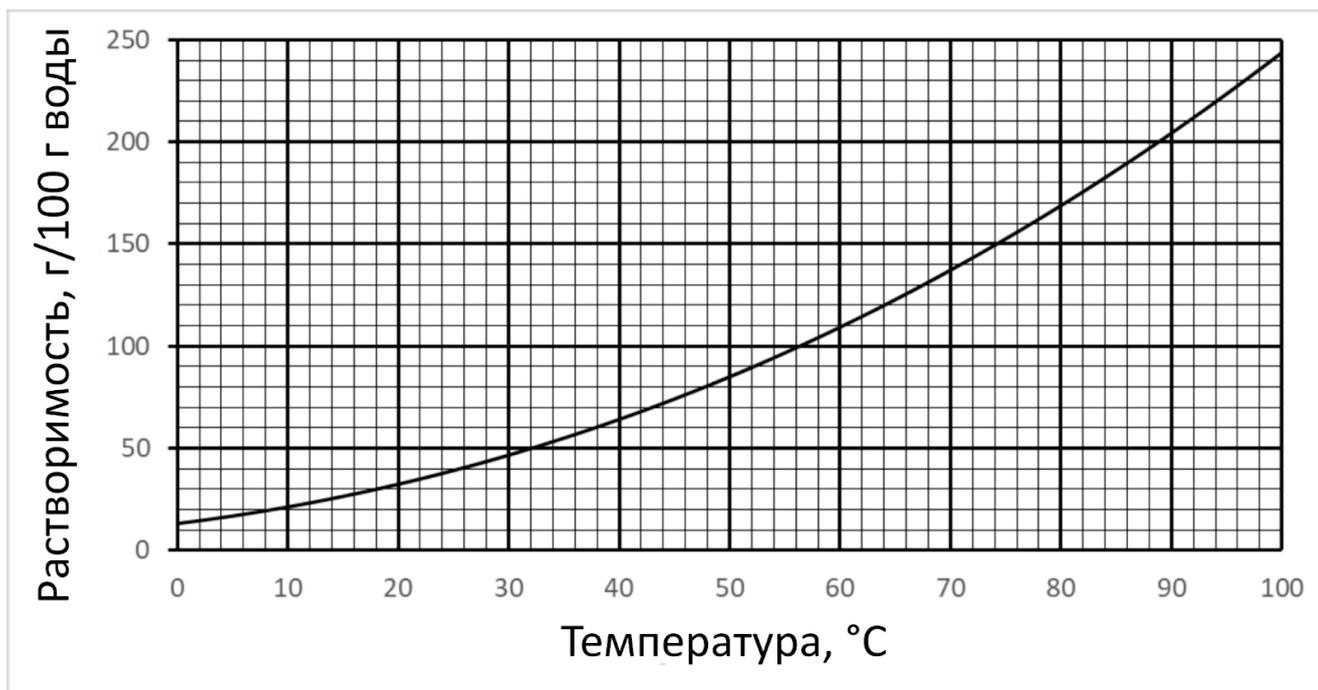
а) Напиши уравнение трех возможных реакций синтеза нитрата калия из исходных веществ Юку и расставь коэффициенты. (3)

б) Если все исходные вещества имеют одинаковую чистоту, то какая из написанных в пункте а) возможных реакций даст самый “чистый”, а какая самый “грязный” раствор нитрата калия? Поясни свой ответ. (2)

с) Напиши еще одну реакцию получения нитрата калия, помимо описанных в пункте а), используя любые исходные вещества. (1)

Для очистки нитрата калия, Юку решил использовать метод перекристаллизации. Очищаемый  $\text{KNO}_3$  растворяют в минимальном количестве воды при высокой температуре. При охлаждении насыщенного раствора  $\text{KNO}_3$  растворимость вещества снижается, и твердый  $\text{KNO}_3$  выпадает в осадок в более чистом виде, а примеси в большей степени остаются в растворе.

Зависимость растворимости нитрата калия (г/100 г воды) от температуры описана следующим графиком.



- d) При какой температуре концентрация насыщенного раствора  $\text{KNO}_3$  равна 50%? (0,5)  
 e) Во сколько раз растворимость  $\text{KNO}_3$  при 94 °C выше, чем при 8 °C? (1,5)  
 f) Рассчитай, сколько грамм воды должен взять Юку для полного растворения 130 г нитрата калия при 94 °C. (0,5)  
 g) Рассчитай, сколько грамм нитрата калия выпадет в осадок, если раствор, полученный в пункте f), охладить до 8 °C. (1)  
 h) Какая роль у нитрата калия в черном порохе? (0,5)

### 3. Жидкое ракетное топливо (10 б)

В космических ракетах используются различные виды жидкого азотного топлива. Хранение и транспортировка жидкого топлива, по сравнению с твердым или газообразным, является более легким, что и является его важным преимуществом. Одним из известных примеров жидкого азотного топлива является гидразин ( $\text{N}_2\text{H}_4$ ). Гидразин можно производить путем реакции аммиака ( $\text{NH}_3$ ) с пероксидом водорода ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). В этой реакции побочным продуктом является только вода.

- a) Напиши уравнение реакции получения гидразина и расставь коэффициенты. (1)  
 b) Определи для уравнения, написанного в пункте a), степени окисления азота и кислорода в исходных веществах и продуктах. (2)  
 c) На бутылке с гидразином расположены пять знаков опасности, три из которых приведены ниже. Объясни, что означают данные знаки опасности. (1,5)



Помимо гидразина, как ракетное топливо, также используются и синтезированные из него химически более стабильные соединения. Например, 1,1-диметилгидразин, в структуре которого два атома водорода, связанные с одним и тем же атомом азота, замещены двумя метильными группами ( $-\text{CH}_3$ ).

**d)** Нарисуй структурную формулу 1,1-диметилгидразина. Покажи явно все химические связи. (1)

Для окисления 1,1-диметилгидразина во время полета ракеты, обычно используется либо сжиженный кислород (**реакция 1**), либо тетраоксид диазота (**реакция 2**). В обоих случаях получается гипергольная смесь, т. е. смесь самовоспламеняющаяся при соприкосновении двух ее компонентов. В обоих случаях продуктами являются молекулярный азот, диоксид углерода и вода.

**e)** Напиши уравнения **реакций 1** и **2**, и расставь коэффициенты. (2)

Для ученых-ракетостроителей важно знать, какой окислитель использовать, чтобы сохранить массу ракеты максимально низкой.

**f)** Найди массу окислителя, которая понадобится для **реакций 1** и **2**, если в реакцию вступает 10,0 кг 1,1-диметилгидразина. (2,5)

#### 4. Изготовление чернил (10 б)

Железо образует с танинами (растворимые в воде полифенолы) соединения темного цвета, которые использовались для изготовления чернил со времен Древнего Рима и до второй половины 20-го века. Танины получали из подходящего природного материала, например из дубовой коры. Главным структурным элементом танинов является галловая кислота. Один из возможных рецептов для изготовления чернил уходит корнями в США 1935-го года, где для изготовления чернил следовало растворить 1,70 г галловой кислоты и 1,52 г сульфата железа(II) в 100 см<sup>3</sup> воды. Для этого требовалось предварительно получить сульфат железа(II), который можно получить путем реакции железа и серной кислоты. Серную кислоту обычно синтезируют из диоксида серы, полученного сжиганием серы согласно уравнению реакции:  $2\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{SO}_4$ .

**a)** Определи степень окисления серы в простом веществе, диоксиде серы и серной кислоте. (1,5)

**b)** Напиши уравнение реакции разбавленной серной кислоты и железа и расставь коэффициенты. (1)

**c)** Рассчитай, сколько см<sup>3</sup> кислорода (при нормальных условиях) потребуется для получения обозначенного в рецепте количества сульфата железа(II) (1,52 г). Учти, что кислород необходим для получения как диоксида серы из серы, так и серной кислоты из диоксида серы, а также предположи, что кислород реагирует полностью и без потерь. (2)

Молярная концентрация (c) показывает, сколько моль вещества содержится в 1 дм<sup>3</sup> раствора.

**d)** Рассчитай молярную концентрацию раствора сульфата железа(II) ( $\text{C}_{\text{FeSO}_4}$ ), если 1,52 г сульфата железа(II) растворили ровно в 100 см<sup>3</sup> воды. Предположи, что объем раствора равен объему растворителя. (1)

К полученному раствору сульфата железа(II) добавили раствор гидроксида натрия.

**e)** Напиши уравнение реакции, протекающей при добавлении NaOH и расставь коэффициенты. (1)

**f)** Рассчитай, сколько см<sup>3</sup> раствора NaOH ( $c_{\text{NaOH}} = 0,250$  моль/дм<sup>3</sup>) следует добавить к полученному в пункте **d)** раствору, чтобы все ионы железа выпали в осадок. (1,5)

Суммарная формула галловой кислоты  $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_5$ .

**g)** Приготовленными по данному рецепту чернилами, объемом 50 см<sup>3</sup>, исписали 1000 страниц. Рассчитай, сколько молекул галловой кислоты находится в среднем на одной исписанной странице. (2)

### 5. Аммиак и радиохимия в ЦЕРНе (10 б)

Аммиак ( $\text{NH}_3$ ) – это газообразное хорошо растворимое в воде вещество, которое зачастую продается в виде 25,0%-ого водного раствора ( $\rho = 0,902 \text{ г/см}^3$ ). Лаборант приготовил 3,0%-ный водный раствор аммиака.

**а)** Рассчитай сколько  $\text{см}^3$  25,0%-ого водного раствора аммиака и сколько  $\text{см}^3$  воды взял лаборант для приготовления 150 г 3,0%-ного водного раствора  $\text{NH}_3$ . Плотность воды  $1,0 \text{ г/см}^3$ . (2)

Лаборант забыл закрыть бутылку 25,0%-ного водного раствора  $\text{NH}_3$  и оставил ее в вытяжном шкафу на выходные. Когда лаборант снова пришел на работу, то концентрация аммиака в данном растворе уменьшилась.

**б)** Какое свойство аммиака объясняет это явление? (0,5)

**с)** Рассчитай, сколько моль  $\text{NH}_3$  содержится в  $1,00 \text{ дм}^3$  25,0%-ого водного раствора аммиака. (1,5)

Распространенность природных изотопов элементов, из которых состоит аммиак описана в следующей таблице (число перед символом элемента показывает массовое число).

Изотоп	$^{14}\text{N}$	$^{15}\text{N}$	$^1\text{H}$	$^2\text{H}$
Распространенность в природе (% от всего количества атомов элемента)	99,6	0,4	99,99	0,01

**д)** Рассчитай, сколько атомов  $^{15}\text{N}$  содержится в 1 моль аммиака. (1)

**е)** Рассчитай, сколько процентов от всех молекул аммиака содержат один атом  $^2\text{H}$ . (1)

Команда ISOLDE в Европейской Организации по Ядерным Исследованиям (ЦЕРН) использует протонные ускорители в своих экспериментах по ядерной физике. Помимо прочего, для научной работы используются молекулы аммиака ( $^{13}\text{NH}_3$ ), содержащие радиоактивные изотопы  $^{13}\text{N}$ , которые производят в близлежащей больнице Генфи. В природе изотоп  $^{13}\text{N}$  присутствует лишь в ничтожно малом количестве.

**ф)** Сколько **i)** протонов и **ii)** нейтронов содержатся в ядре атома  $^{13}\text{N}$ ? (1)

В изначально приготовленном водном растворе содержится  $3,0 \cdot 10^{-12}\%$   $^{13}\text{NH}_3$  (массовый процент).

**г)** Рассчитай массу  $^{13}\text{NH}_3$  в пикограммах (пг) в 5,0 г раствора.  $1 \text{ пг} = 10^{-12} \text{ г}$ . (1)

Период полураспада  $^{13}\text{N}$   $t_{1/2} = 10$  минут (каждые 10 минут разлагается ровно половина от изначального количества радиоактивного  $^{13}\text{N}$ ).

**h)** Рассчитай массовое содержание и массу  $^{13}\text{NH}_3$  (в пикограммах) в растворе, который простоял 10 минут. Предположи, что радиоактивность не влияет на общую массу раствора. (1)

**i)** Рассчитай, сколько процентов от изначального количества  $^{13}\text{N}$  останется спустя 30 минут (перевозки из больницы в ЦЕРН). (1)